2 De tweetakt motor.

2.1 Het ontstaan

Om een eenvoudigere motor te construeren dan de viertaktmotor legden sommige ingenieurs zich toe op de bouw van een tweetaktmotor.
Ze wouden de 4 stappen die een motor ondergaat in 1 slag herleiden.
De ontbranding van het gasmengsel, de ontsnapping van het verbrande gas, toevoer van vers mengsel en compressie zou allemaal in 1 toer gebeuren.
Er waren uitvinders in Engeland en in de Verenigde Staten waaronder Sir Douglas Clerk en Joseph Day.

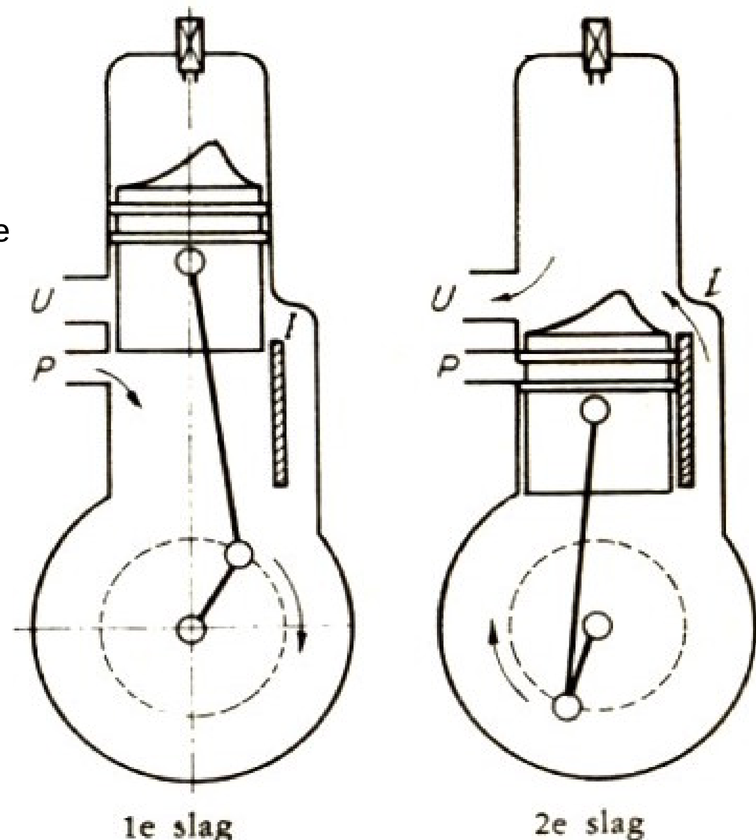
2.2 Het principe

Het principe lijkt simpel: lucht inlaten, lucht comprimeren, arbeid leveren door ontsteking en de uitlaatgassen naar buiten drijven.
De tweetaktmotor heeft alleen maar een arbeidsslag en een compressieslag, terwijl een viertaktmotor 4 slagen heeft.
Dit maakt de tweetakt motor krachtiger dan een viertakt motor, want per toer dat de motor draait heeft de tweetakt motor 1 ontsteking, de viertaktmotor heft maar om de 2 slagen een ontsteking. Het verschil in kracht is ongeveer 1,3 tot 1,7 maal krachtiger.
Het is niet dubbel zo veel, want dit komt door dat de tweetakt motor meer verliezen heeft.
Daarover meer in rubriek 3.1 .

2.3 De werking

Slag 1: De zuiger gaat omhoog en zuigt de gassen aan die in de carburator worden gevormd, en via de krukasholte door de spoelpoorten in de cilinder worden verdeeld.
Als de zuiger bovenaan de cilinder staat, komt er een ontsteking, en de gassen zetten zich uit en leveren een arbeid (compressieslag).

Slag 2: De zuiger wordt naar beneden geduwd door de uitzetting van de gassen en de uitlaatgassen gaan door de uitlaatpoort naar buiten (arbeidsslag) .



Dit lijkt allemaal heel eenvoudig,en het is een prachtig principe dat veel onderzoek heeft gevergd. Nu nog zoekt men naar optimalisatie en verbeteringen, die hun toepassing vinden o.a. in de racewereld.
Ook de krachtige diesel 2takt machines, die in grote bedrijven of op grote boten enorme arbeid verrichten, blijven onderwerp van onderzoek.

2.4 voordelen en nadelen

Voordelen	Nadelen
Eenvoudige constructie	Laag rendement
• Geen kleppenmechanisme, oliepomp en distributie • Minder onderhoud	• Door spoelverliezen slechtere cilindervulling • Minder vermogen per arbeidsslag, hierdoor ongunstiger verbruik
Elke rotatie 1 arbeidsslag	Beperkt motorvermogen
• Hierdoor soepel draaien van motor met weinig cilinders	• Door begrenzing van het slagvolume, rotatiefrequentie en het aantal cilinders • Hogere thermische belasting
Hoger specifiek vermogen	Onregelmatig draaien van onbelaste motor
• Door het dubbel aantal arbeidslagen is het vermogen 1,3-1,7 maal groter	• Door geringe onderdruk in het carter en de gesloten gasklep een gebrekkig carter en dus ook cilindervulling. Dit zorgt voor onregelmatig stationair draaien
Directe smering bij koude start	Gevoelig uitlaatsysteem
• De smeerolie is door de brandstof gemend, waardoor de cilinderwand direct gesmeerd wordt	• Omdat het uitlaatsysteem een onderdeel is van het spoelsysteem is, heeft elke verandering daarvan nadelige invloed op de prestatie van de motor.

2.5 Smering

Het smeren van tweetaktmotoren gebeurt meestal door middel van de zogenaamde mengsmering.
Dit is de eenvoudigste vorm van smering die er bestaat, de smeerolie wordt in dit geval in een bepaalde verhouding door de benzine gemengd.
De juiste mengverhouding is ongeveer 1:25.
Voor crossmotoren of racemotoren gaat men al rap naar een verhouding van 1:40.

De motor is er meestal zo op gemaakt dat alle bewegende delen gesmeerd worden tijdens 1 slag. Een nadeel van smeerolie is dat deze niet verbrand en een koolaanslag geeft.
Dit is te beperken door daarvoor voorziene tweetaktolie te gebruiken.

2.6 Koeling

Een benzine motor zet slechts een klein deel van de brandstof om in nuttige arbeid. Het rendement van een benzine motor ligt op ongeveer 25%. Bij een tweetaktmotor ligt dit nog lager, rond de 20%.
Al deze energie wordt omgezet naar warmte, maar deze warmte moet natuurlijk ook afgevoerd worden.

2.6.1 Luchtkoeling

Deze koeling wordt nog steeds vaak gebruikt voor bromfietsen omdat deze een heel eenvoudige koeling is, en er zijn geen extra onderdelen voor nodig.
Wel is het van noodzaak dat de lucht de koelribben van een luchtgekoelde cilinder goed kan bereiken. Als dit niet het geval is wordt er gebruikt van een ‘forced air’ systeem, hier wordt de lucht geleid tot aan de cilinder.
Dit is het geval bij bijna alle scooters.



Originele cilinder

2.6.2 Waterkoeling

Hier heeft men ook nog 2 soorten, de uitwendige en de inwendige koeling.
Uitwendige koeling is een toepassing bij buitenboordmotoren van een boot. Hier wordt water uit het vaarwater gepompt en rond de cilinder geleid.

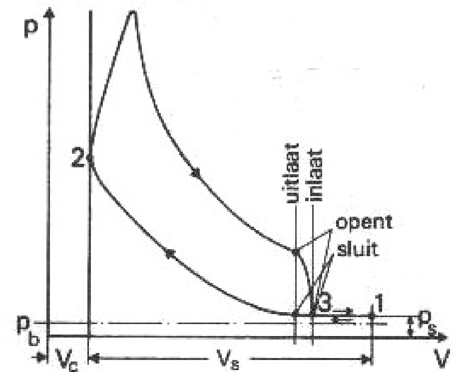


70cc Polini LC

Bij inwendige koeling wordt water uit een radiator ook rond de cilinder gepompt. Het verschil is wel dat bij deze cilinders een omhulsel is gebouwd zodat het water niet kan ontsnappen. Dit hete water wordt gekoeld d.m.v. een radiator.

2.7 Drukken

Aan drukken in de cilinder kan men ook veel opmaken over het verloop van de motor.
Deze diagrammen worden PV-diagrammen genoemd.
Normaal zou men zeggen dat de druk het hoogst is als het volume het kleinst is, wat logisch is. Maar bij ontbrandingsmotoren is dit niet zo, de druk is het hoogst als het brandstofmengsel volledig ontbrand is.

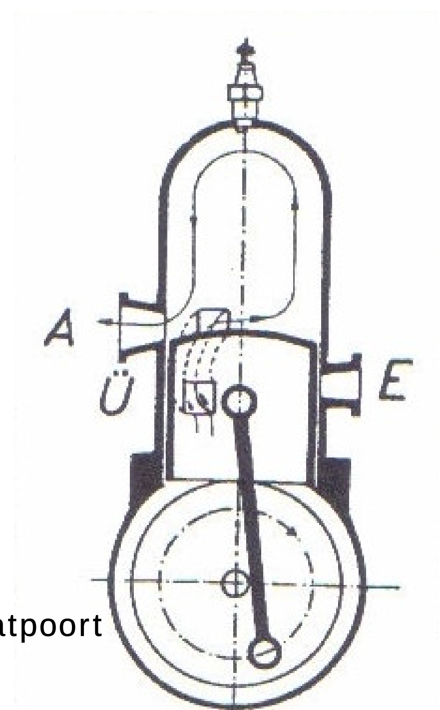


2.8 spoelsysteem

Het spoelsysteem bij de tweetakt is de vervanging van de kleppen, de spoelen zorgen ervoor dat de cilinder het nodige mengsel binnen krijgt.
Toen de tweetakt nog in zijn kinderschoenen stond was er een inlaatpoort en een uitlaatpoort.
De stroming van de onverbrande gassen in de cilinder was alles behalve rendabel.
Men heeft 3 grote vernieuwende categorieën.

2.8.1 De omkeerspoeling

De omkeerspoeling brengt een grote verbetering teweeg van het tweetaktsysteem. Het verse mengsel in de cilinder langs 2 tangentiële tegenover elkaar staande poorten. De twee stromingen van vers mengsel vloeien eerst tangentieel langs de rand van de cilinder, botsen tegen elkaar ter hoogte van de uitlaatpoort waardoor ze worden opgericht en de verbrande gassen voor zich naar de uitlaat drijven.
De verbeterde stromingsvoorwaarden resulteren zich in betere cilindervulling en een betere afvoer van verbrande gassen, het vermogen wordt hierdoor eveneens verhoogd.

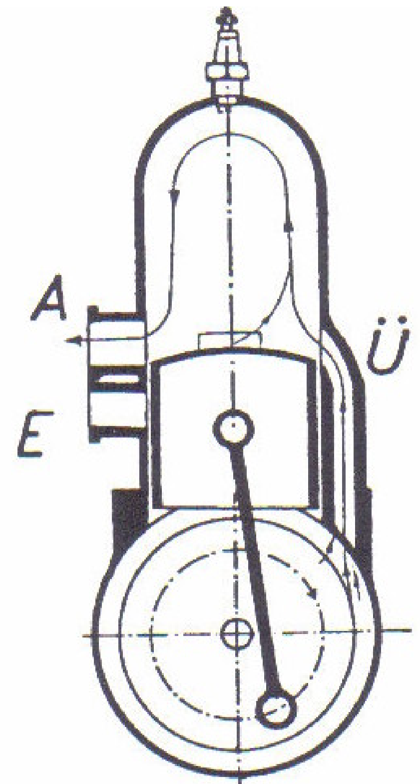


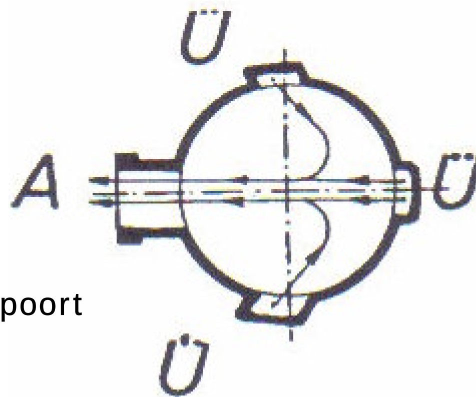
A: uitlaatpoort
E: inlaatpooort
Ü: vernieuwende inlaatpoort

De zuiger heeft een bol oppervlak waardoor de stroming wordt bevorderd, de zuiger heeft ook 2 poorten.
Dit is te zien in bovenstaande tekenenig, 1 hiervan is aangeduid met Ü .
Als de zuiger onderaan zijn cyclus staat vormt deze een lokkade voor de doorstroming. Met deze poorten in de zuiger is de doorstroming ook verbeterd.

2.8.2 De driepoortenspoeling

Men maakt gebruik van 3 spoelen zoals bij de omkeerspoeling. Twee ervan zijn tangentieel tegenover elkaar geplaatst in de cilinder, de derde, en toegevoegde poort bevindt zich recht tegenover de uitlaatpoort.
Deze spoelopstelling zorgt voor een goede cilindervulling, wat resulteert in meer vermogen.

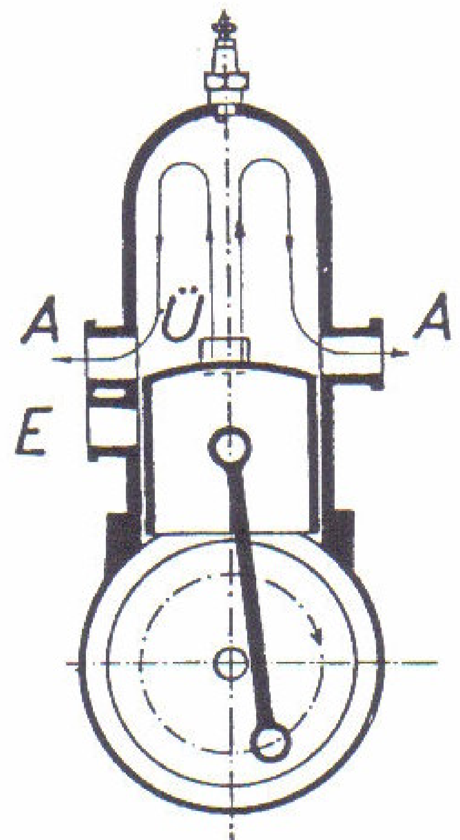


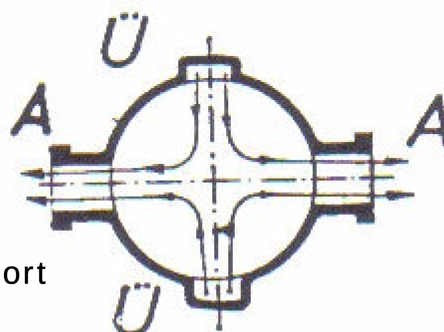


A: uitlaatpoort
E: inlaatpooort
Ü: vernieuwende inlaatpoort

2.8.3 De kruisspoeling

De spoelpoorten bevinden zich op tegenovergestelde plaatsen in de cilinder en onder een hoek van 90° met de uitlaatpoorten.
Deze opstelling wordt het meest gebruikt voor traag draaiende motoren.





A: uitlaatpoort
E: inlaatpooort
Ü: vernieuwende inlaatpoort

3 De werking van de 2-takt uitlaat

3.1 Het principe

Het is geweten dat de 2takt motor meer verliezen heeft dan de viertakt-motor. Dit komt vooral omdat er veel onverbrande gassen mee door de uitlaatpoort geduwd worden. Via berekeningen kunnen we er voor zorgen dat de motor minder verliezen, en minder vervuiling veroorzaakt. Zo heeft de motor ook meer kracht want er wordt meer mengsel verbrand.
Het proces start bij de ontbranding van het lucht-benzine oliemengsel in de cilinder van de motor. Dit zorgt voor een zodanig hoge druk, waardoor de zuiger naar beneden wordt geduwd. Deze zuiger, die een neerwaartse beweging maakt, zet de krukas aan het draaien. Als de zuiger zodanig ver is gedaald zodat de uitlaatpoort open komt, dan ontsnappen de verbrande gassen via de poort, door de uitlaat (evt. katalysator) de weide wereld in. Door de trillingen van de motor, ontstaan er naast de uitlaatgassen ook geluidsgolven of drukgolven in de uitlaat.
Een eigenschap van geluidsgolven is, dat ze kunnen weerkaatsen. Er zijn positieve en negatieve golven. De uitgaande golven, die de uitlaatpoort verlaten zijn positieve golven. Men noemt ze positief omdat ze een hogere druk hebben dan het gas waarin ze zich bevinden. Deze drukgolven hebben een enorme hoge snelheid. Als deze positieve golven aankomen bij een open einde, worden ze weerkaatst als negatieve, dus met een lagere druk als het gas waarin ze zich bevinden.
Dit is interessant want deze onderdruk kunnen we goed gebruiken.
Botsen de geluidsgolven tegen een gesloten einde, dan worden ze weer als positieve terug gekeerd. Op deze terugkaatsing van de geluidsgolven is de eigenlijke werking van een uitlaat gebaseerd.

Maar er is meer dan dat:
Eenmaal de zuiger helemaal tot beneden is, stopt het proces niet: de zuiger gaat terug naar boven. Nu niet meer op krachten van de explosie, maar door de kinetische kracht van het vliegwiel dat in beweging was gebracht en zo zijn energie een deel teruggeeft. Ofwel rechtstreeks door de beweging van het voertuig dat er voor zorgt dat het proces blijft duren. Nu de zuiger geen duwfunctie heeft (arbeidsslag), heeft het wel een aanzuigfunctie (compressieslag).
Daar de zuiger naar boven wordt geduwd, zuigt deze vers benzineluchtmengsel mee in de cilinder via de spoelpoorten

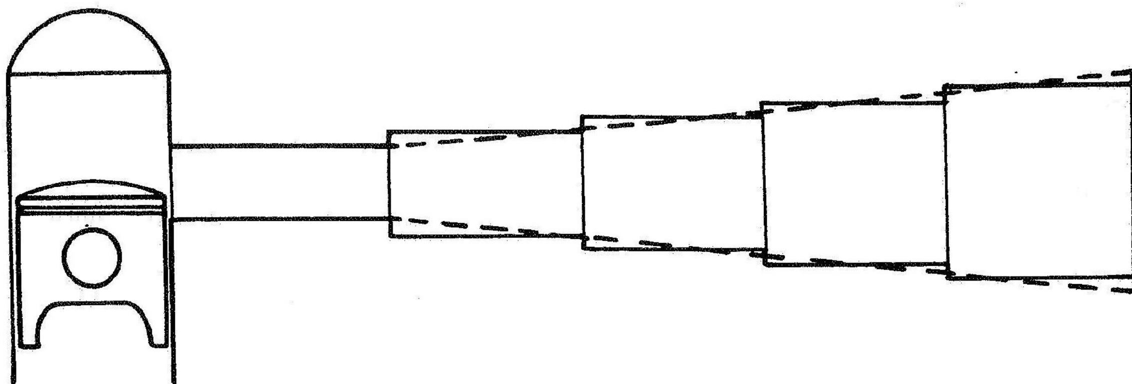
Om dit proces te versnellen via de uitlaat kunnen we twee dingen doen:

- we kunnen er voor zorgen dat de verbrande uitlaatgassen sneller worden verwijderd uit de cilinder, een zogezegde onderdruk creëren aan de uitlaatpoort.
- of we kunnen de doorstroming van de gassen verbeteren in de uitlaat zelf.

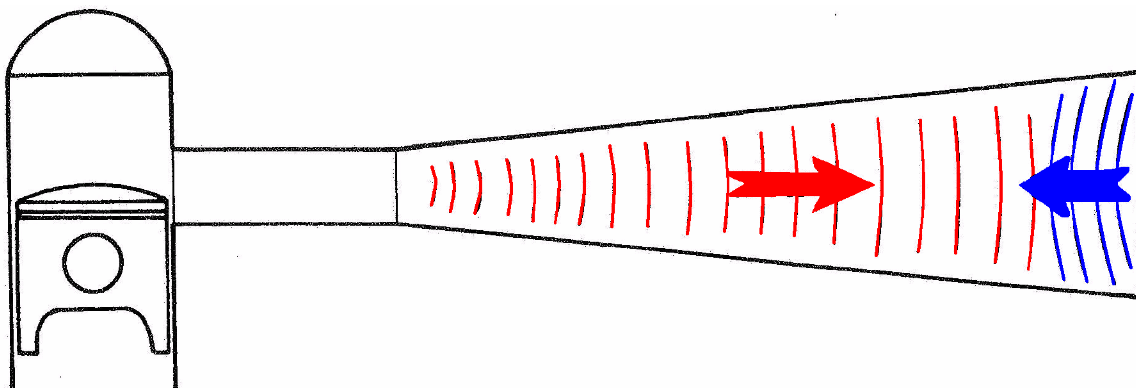
3.2 Golven en echo's

3.2.1 Onderdruk golf

Als we in het begin van de uitlaat een onderdruk creëren zullen de verbrande gassen nog sneller verwijderd worden en zal er meer plaats zijn voor het vers mengsel. Deze onderdruk kunnen we bekomen door de positieve geluidsgolf om te zetten in een negatieve, dus een lage druk golf. Dit is een fenomeen uit de fysica en gaat als volgt: als een positieve geluidsgolf aan een open einde van een megafoon komt, wordt deze weerkaatst als een negatieve, dus een lage druk. Deze lage druk zorgt er voor dat aan de uitlaatpoort de uitlaatgassen worden weg gezogen uit de cilinder. Het ideaal is dus een megafoon, of een parabolische trechter, maar praktisch is een conus handiger.
Zo wordt deze buis een aaneenschakeling van meerdere 'open eindes'.



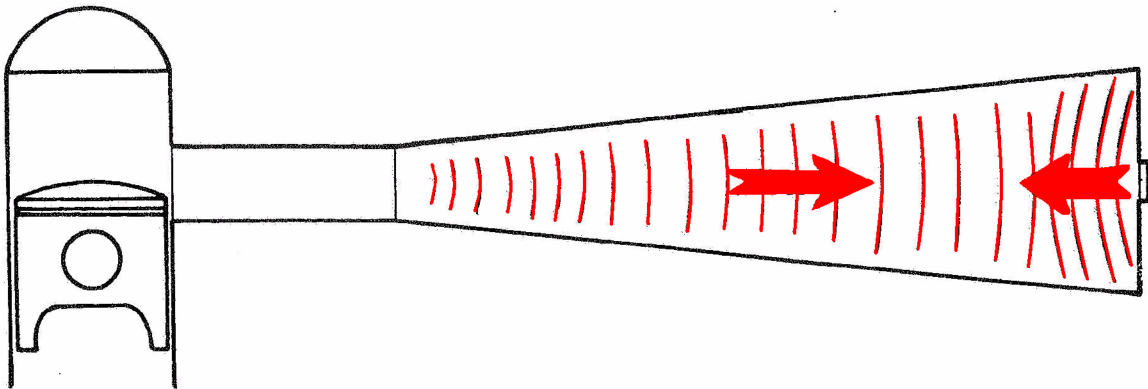
In deze tekening zijn de rode lijnen de positieve, of bovendrukgolven, en de blauwe de weergekaatste negatieve of onderdrukgolven



Maar we mogen ook niet een té grote onderdruk creëren, want dan zou het vers mengsel ook verdwijnen in de uitlaat.
Dit zorgt voor nog meer verlies en ernstige vervuiling van de lucht, want veel onverbrande gasdeeltjes zouden zo in de uitlaat meegaan.
Dit is niet te evenaren , dus moeten we een oplossing zoeken om deze onverbrande deeltjes terug in de cilinder te duwen.
Duidelijkere tekeningen in bijlage 11.4 .

3.2.2 Overdruk golf

De positieve drukgolf de uit de cilinder komt is nu tot aan het einde, onderweg heeft ze al veel energie omgezet in negatieve geluidsgolven. Maar aan het einde van de pijp heeft ze nog steeds veel kracht over.
Om de onverbrande gasdeeltjes terug in de cilinder te stuwen zorgen we door middel van een gesloten einde voor de weerkaatsing van een positieve golf. Deze positieve golf of overdrukgolf heeft de kracht om het onverbrande mengsel terug in de cilinder te stuwen.
Maar omdat we bij en uitlaat nooit een volledig gesloten einde kunnen hebben, maken we een klein gat zodat de uitlaatgassen geleidelijk kunnen verdwijnen.



3.2.3 Resonantie

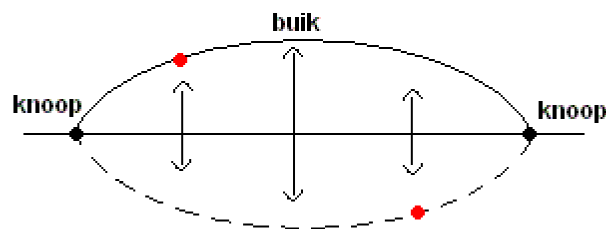
Het is duidelijk dat de cilinder zijn uitlaatpoort moet sluiten als de druk in de cilinder zijn maximum heeft bereikt.
Als de poort vroeger sluit heeft de positieve weergekaatste drukgolf nog geen tijd genoeg gehad om het onverbrande mengsel terug in de cilinder te duwen.
We kunnen aan de poorten en tijdstippen niets veranderen, dus moeten we het aankomsttijdstip van de positieve weerkaatsing zo maken dat de onverbrande gassen terug in de cilinder gaan.
Hier over meer in rubriek 4.1 .

3.3 Uitlaattiming

Als de poort van een uitlaat begint te openen, begint er een golf te lopen. Deze gaat tot het einde van de pijp en wordt terug gekaatst. Eenmaal terug aan de cilinder stoot een deel van de golf tegen een gesloten uitlaatpoort. Zo wordt deze golf opnieuw in de uitlaat weerkaatst. Dit doet zich een aantal keer voor. Dit noemen we een staande golf. Om een staande golf te krijgen moet de uitlaatpoort openen zodra de oude golf voor de tweede keer terug is bij de uitlaatpoort.

3.3.1 Staande golf

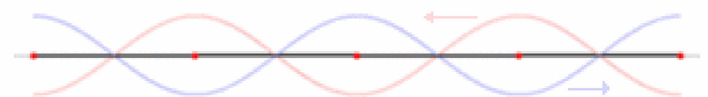
Een staande golf is een golfverschijnsel veroorzaakt door het samenstellen van twee golven met gelijke frequentie en amplitude maar tegengestelde voortplantingsrichting. Daardoor ontstaat een regelmatig patroon van punten die stilstaan, de knopen, en punten die maximale amplitude vertonen, de buiken. De afstand tussen de buiken bedraagt de halve golflengte van de interfererende golven. Alle punten in een staande golf gaan tegelijkertijd door de evenwichtspositie. Dit in tegenstelling tot een lopende golf, waarbij de punten na elkaar de evenwichtspositie passeren en er geen plaatsen langs de golf zijn met een amplitude die lokaal gelijk is aan nul, zoals in een knoop.



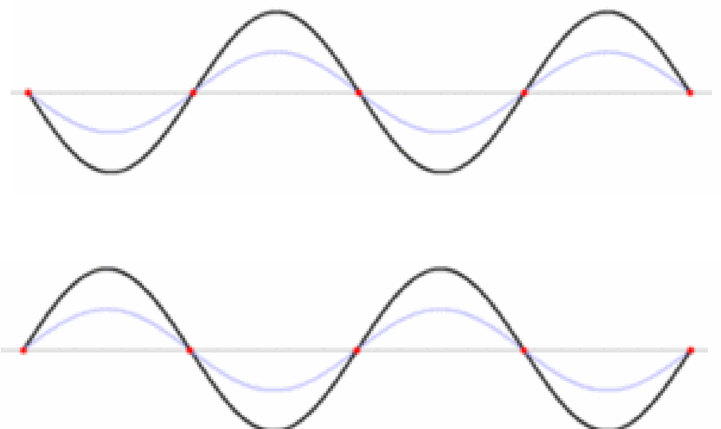
- de rode punten trillen verticaal en zijn in fase
- de afstand tussen twee knopen of twee buiken is een halve golflengte

Een eenvoudige staande golf kan ontstaan als een golf tegen twee vaste punten gereflecteerd wordt. Een voorbeeld is een geluidsgolf in een gesloten pijp. Door interferentie dooft op bepaalde punten de amplitude uit, op andere punten wordt de amplitude versterkt. Een staande golf kan alleen ontstaan als de golflente past in de ruimte die ter beschikking staat. In het geval van een gesloten pijp treedt er een staande golf op als de golflengte gelijk is aan 2x de lengte van de pijp, ofwel als de halve golflengte gelijk is aan de lengte van de pijp. Ook golven met een kleinere halve golflengte (3x de lengte van de pijp, 4x de lengte van de pijp, etc) kunnen een staande golf veroorzaken. Een staande golf kan dus alleen maar optreden indien er sprake is van resonantie.

De toepassing van staande golven in mijn thema is dan overduidelijk.
De rode golf is de negatieve golf, de blauwe is de positieve golf:



Hier is duidelijk te zien dat de samenstelling van beide golven telkens op de zelfde plaats zijn maximum en zijn minimum bereikt.



3.4 Doorstroming

In de lessen fysica hebben we verschillende soorten stromingen gezien. De ideale stroming of laminaire stroming bestaat niet, maar we kunnen deze wel proberen te evenaren.

3.4.1 Laminaire stroming

Laminaire stroming is een begrip uit de hydraulica, hydrodynamica en aërodynamica. Deze stroming kenmerkt zich door de gelaagde manier van voortbewegen van het medium (een gas of een vloeistof): er vindt niet of nauwelijks stroming loodrecht op de hoofdstroom plaats.
Het kan vergeleken worden met het blokrijden op de snelwegen. Hierbij rijden alle wagens aan een constante snelheid en blijven in eenzelfde rijstrook, zodat files en opstoppingen vermeden worden..
Laminaire stroming vindt vooral plaats bij lage stroomsnelheden. Daarom is het zeer moeilijk om in een uitlaat een laminaire stroming te behouden. De stroming die zal ontstaan zal eerder van een turbulente vorm zijn.

3.4.2 Turbulente stroming

Turbulente stroming is ook een begrip uit de hydraulica, hydrodynamica en aërodynamica.
Deze stroming kenmerkt zich door het wervelende karakter; de stroming loopt niet netjes gelaagd, maar verplaatst zich in wervels. Er vindt veel stroming loodrecht op de hoofdstroom plaats. Het moment waarop turbulente stroming overgaat in laminaire en andersom, wordt gekarakteriseerd door het dimensieloze getal van Reynolds:

$$\mathrm{Re} = \frac{Pv \cdot L}{\eta}$$

waarbij:
Re = Reynolds getal [-]
ρ = Soortelijke massa van de vloeistof [$kg \cdot m^{-3}$]
v = Doorsnedegemiddelde stroomsnelheid [$m \cdot s^{-1}$]
L = lengte (= diameter in het geval van een ronde buis) [m]
η = Dynamische viscositeit [Pa·s] $= \frac{\mu}{\rho}$, met µ de viscositeit.

In de lessen Fysica hebben we ook gezien dat :
Bij Re < 2300 er laminaire stroming optreedt, en bij Re > 3500, er turbulente stroming optreedt.
Bij waarden er tussenin kunnen beide stromingstypen voorkomen.
Het karakter van de stroming hangt dan af van andere factoren, zoals de ruwheid van het oppervlak waarlangs de gassen stromen. Dit houdt voor onze praktische proef in, dat de lasnaden goed verzorgd moeten worden.

De lasnaden langs de binnenkant van de aaneenschakelingen van conussen moeten zo glad mogelijk zijn. Ook de stroomsnelheid speelt hier parten. Als men weet dat de verbrande gassen een snelheid van 700m/s kunnen halen kan men wel zeggen dat de stroming turbulent zal zijn.

3.5 Powerband

De powerband is het deel in het toerenverloop dat de motor de grootste kracht heeft. Een motor met een powerband tussen 11000 en 14000 toeren per minuut heeft dus de meeste kracht, het grootste vermogen in dat toerenbereik.
Voor mijn brommer heb ik een toerenbereik van 6000 tot 8000 gekozen. Bij proeven in het begin van het jaar heb ik op mijn brommer een toerental van 8500 toeren gemeten.
Om te zorgen dat de motor niet constant in het maximale toerental zou presteren en zo rapper slijtage oplopen, heb ik mijn toerengebied iets verlaagd.

4 Berekeningen

Om de lengte en dikte te berekenen steun ik op een aantal formules die niet wiskundig erkend zijn, zoals Fysica formules en dergelijke meer.

4.1 Lengteberekeningen

Om de lengte berekenen keer ik even terug naar het principe van de tweetakt.
Op het moment dat de uitlaatpoort effectief begint te openen gaat er een drukgolf lopen in de uitlaat. Die golf wordt door de conische open eindes weerkaatst als negatieve golven. Door het gesloten einde van die pijp wordt de golf als een positieve teruggekaatst en deze moet bij de uitlaatpoort terug zijn voor het moment dat de poort effectief sluit.
Om de lengte van de uitlaat te berekenen moeten we weten hoe lang de uitlaat poort effectief openstaat, en hoe snel de golf zich voortbeweegt.
Bij standaard motoren vinden we over het algemeen een timing of het aantal graden dat de poort open staat tussen de 160 en 180 graden. Deze poorten zijn minder breed om slijtage van de cilinderwand en zuiger te beperken. Daarom mogen we niet uitgaan van de effectieve uitlaat timing, maar trekken we er 20° af.
De tijd dat de poort openstaat kunnen we bekomen met het maximale toerental.
n max. is het maximale toeren tal gedeeld door 1 min.
Met andere woorden, op 1 minuut draait de motor n toeren.

$$n\max = \frac{n\max}{60s}$$

Als we deze formule omdraaien, dan bekomt men de tijd die de krukas nodig heeft om 1 toer af te leggen:

$$t = \frac{60s}{n\max}$$

Over deze tijd legt de krukas 360 graden af, dus de tijd om 1 graad af te leggen gebruiken we de formule :

$$t = \frac{60s}{n\max \cdot 360^\circ}$$

Nu rest ons enkel nog de tijd te bekomen dat de overdrukgolf er over doet om tot het einde van de uitlaat buis en terug te komen:

$$t = \frac{(a-20^\circ)\cdot 60s}{n\max \cdot 360^\circ}$$

De snelheid waarmee de drukgolf zich voortbeweegt, is ongeveer de snelheid van het geluid, 500m/s. Deze waarde is temperatuur afhankelijk maar ligt bij een warm gedraaide motor rond 500m/s

Kortom, men bepaalt de lengte van de uitlaat door de tijd die de uitlaatpoort openstaat te vermenigvuldigen met de snelheid van de overdruk golf.

$$L = \frac{(a-20^\circ)\cdot 60s}{n\max \cdot 360^\circ}\cdot v$$

$$L = \frac{(a-20^\circ)\cdot 60s}{n\max \cdot 360^\circ}\cdot 500\frac{m}{s}$$

$$L = \frac{(a-20^\circ)}{n\max}\cdot 41.666$$

4.1.1 Cilindertiming berekenen

Om de a te berekenen had ik de slag van een Honda Camino nodig. Deze vond ik terug op het internet, zijnde 3.96 cm. Maar omdat die bronnen niet altijd te vertrouwen zijn berekende ik ze eens opnieuw.

$$V = A \cdot h$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

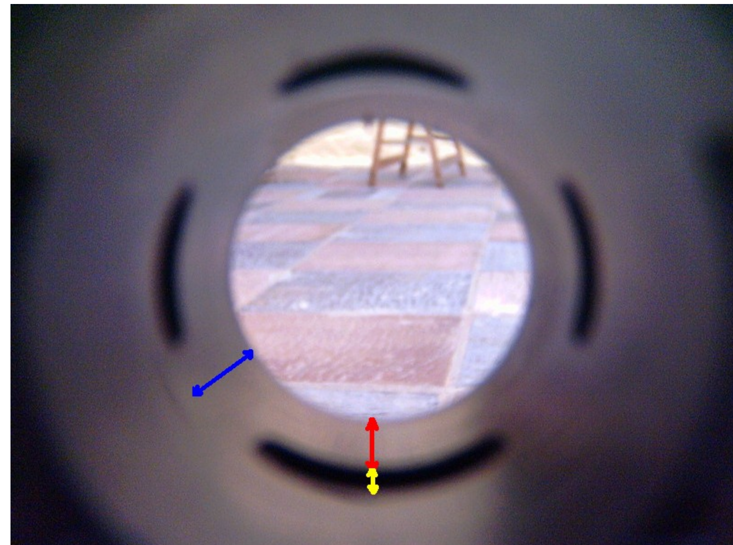
$$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$$

$$h = \frac{4 \cdot 49 cm^3}{\pi \cdot (40 cm)^2}$$

$$h = 3.94 cm$$

h=slag≈3.94cm (compressie ruimte uitgelaten) ➔ 3.96cm

Nu effectief de a berekenen, of het aantal graden in de kring (360°) dat de uitlaatpoort geopend is.
Als verhouding van 360° nemen we het dubbele van de slag, dus 7.92 cm.
De hoogte van de uitlaatpoort heb ik gemeten via een omweg.
Ik heb de afstand tussen het bovenste en het begin van de uitlaatpoort gemeten. Dan heb ik deze afstand van de slag of totale lengte afgetrokken, dit kwam 0.94 cm uit.
Omdat 360° dus twee maal de slag is, is het dus ook 2 maal de hoogte van de uitlaatpoort, en kunnen we de tweeën schrappen.



Blauwe pijl: slag
Gele pijl: hoogte uitlaatpoort
Rode pijl: gemeten hoogt

Vergelijking:

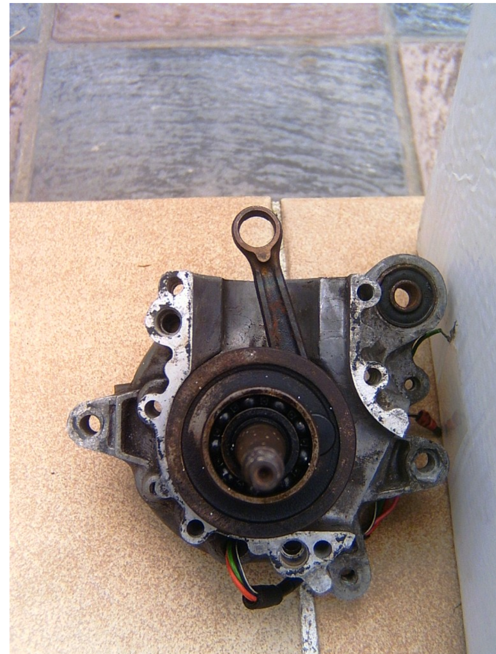
$$\frac{2 \cdot 0{,}94 cm}{2 \cdot 3{,}96 cm} .360° = \frac{0{,}94 cm}{3{,}96 cm} \cdot 360° = 85{,}5°$$

In het begin van het jaar heb ik deze berekening gemaakt, en kwam ook 85.5° uit. Maar omdat ik op elke site of in elk boek dat ik tegen kwam een gemiddelde waarde tussen 150 en 180 graden vond, dacht ik dat mijn berekening fout was. Daarom heb ik deze waarde vermenigvuldigd met 2, zo kwam ik bij 171°. Deze waarde heb ik dan ook gebruikt in mijn berekeningen.

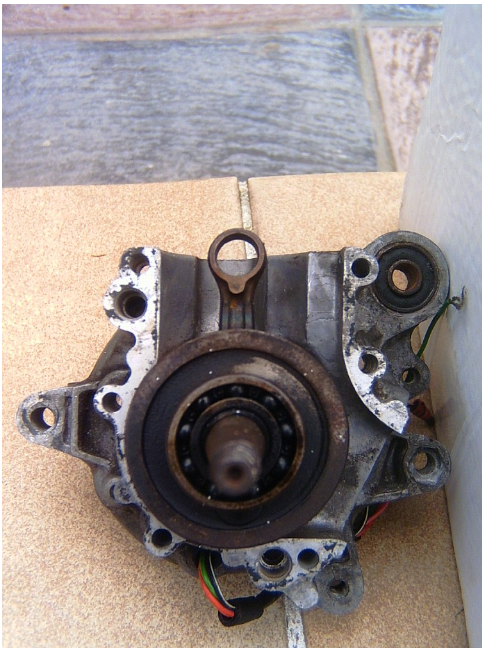
Even ter verduidelijking:



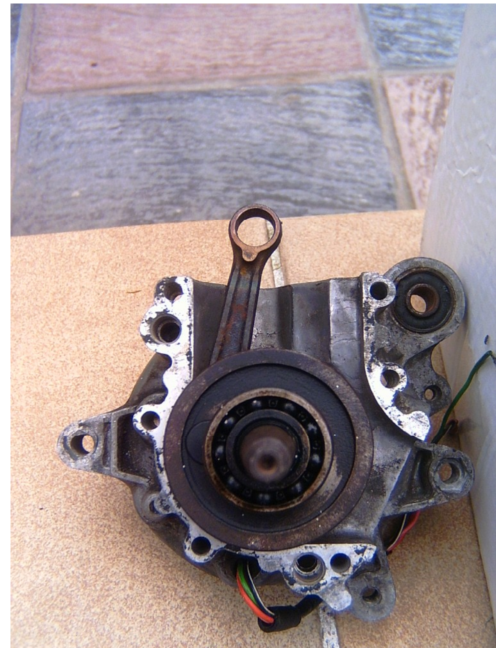
Krukas op 0°, zuiger helemaal bovenaan.



Krukas op 90°, zuiger wordt door kracht van explosie naar beneden geduwd



Krukas op 180°, zuiger staat helemaal beneden, een dood punt.



Krukas op 270 °, zuiger comprimeert het verse gas mengsel.

4.1.2 maximaal toerental berekenen

Voor onze lengtes van onze eerste en tweede conus hebben we dus het maximaal toerental nodig, dit kunnen we meten met een toerenteller, of berekenen.
Hiervoor hebben we de maximale zuigersnelheid, deze is 22.5m/s bij racemotoren. Baanmotoren hebben een zuigersnelheid van 19m/s.
Maar deze snelheid is bij iedere brommer anders, het hangt af van de sterkte van de onderdelen, de ruwheid etc. .
Voor de berekening heb ik 19m/s gebruikt:

$$n\max = \frac{30 \cdot v_{z\max}}{slag} \cdot \sqrt{\frac{slag}{boring}}$$

$$n\max = \frac{30 \cdot 1900\frac{cm}{s}}{3{,}96cm} \cdot \sqrt{\frac{3{,}96cm}{4{,}00cm}}$$

$$n\max = 14322\frac{tr}{\min}$$

De verhouding van slag en boring is een zekere correctiefactor.

De uitgekomen waarde is irreëel, mijn brommer is bijna 20 jaar oud en draait maximaal 8500 tr/min, daarom gebruik ik ook deze meting in mijn berekeningen.

Nu we a berekend hebben kunnen we verder met onze formule :

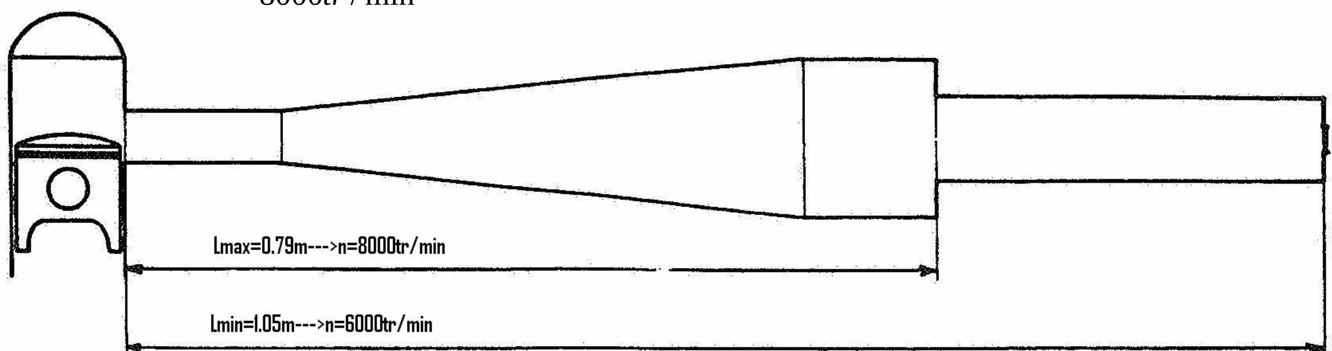
$$L = \frac{a - 20°}{n} \cdot 41{,}66$$

a=timing van de uitlaat in graden
n=toerental
41,66 :een constante bekomen door vereenvoudiging van de formule.

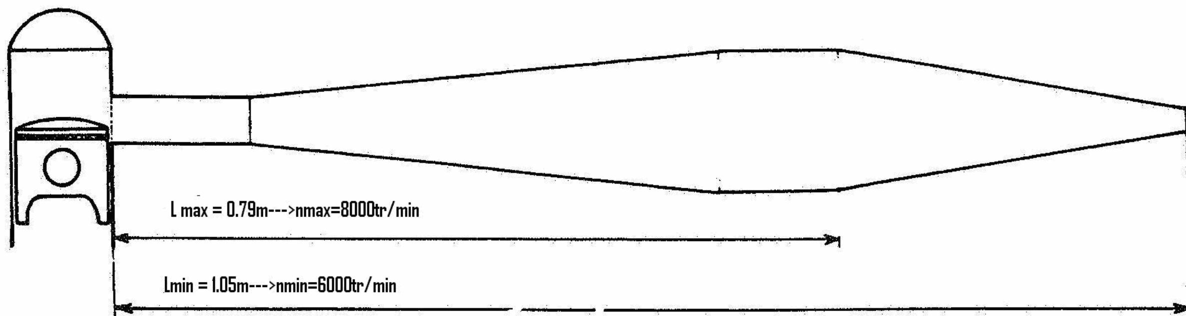
Zoals in 3.5 besproken was heb ik besloten het optimale werkgebied of powerband te nemen tussen 6000 en 8000 tr/min.
Dus vullen we in de formules eens het laagste toerental van de powerband in, en eens het hoogste toerental:

$$L1(6000tr) = \frac{(171.8° - 20°)}{6000tr/\min} \cdot 41.666 = 1.05m$$

$$L2(8000tr) = \frac{(171.8° - 20°)}{8000tr/\min} \cdot 41.666 = 0.79m$$



Deze uitlaatpijp heeft een optimaal werkgebied of powerband op 6000tr/min en op 8000tr/min



Deze uitlaatpijp heeft een aaneenschakeling van schotten en heeft een werkgebied tussen 6000 en 8000 tr/min
Door deze aaneenschakeling van diameters te maken verkrijgen we een veel soepelere motor.

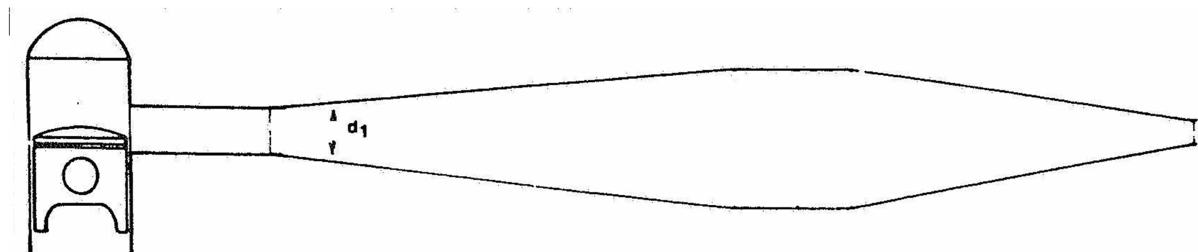
4.2 Dikteberekeningen

Voor de diameter berekening hebben we het maximale toerental en de cilinderinhoud nodig. Het maximale toerental is bij deze Camino gemeten op 8500 tr/min.
Maar om een veiligheid in te bouwen nemen we die op 8000 tr.
De cilinderinhoud is 50cc

De formule: $d1 = 0.03 \cdot \sqrt{V \cdot n\max}$

$$d1 = 0.03 \cdot \sqrt{50cm^3 \cdot 8000tr/\min}$$
$$d1 = 18.97mm$$

De 0.03 is een correctie factor en een vereenvoudiging om een uitkomst in mm te verkrijgen.



4.2.1 Dikte verhoudingen

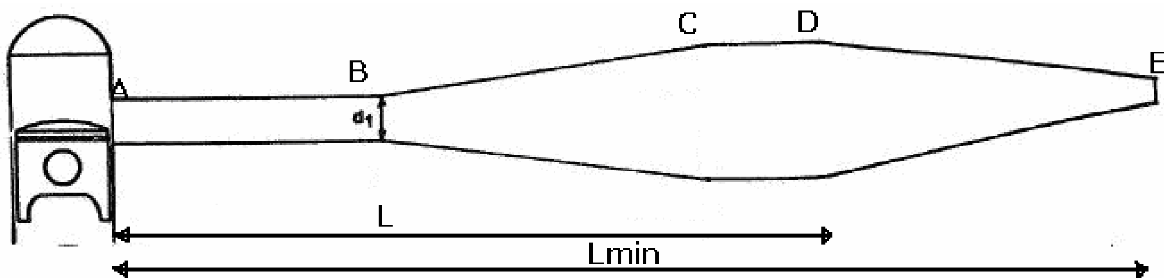
Voor de andere diktes heeft men constante waardes toe gevoegd.
Deze constante waardes werden berekend met de formule:

$\wedge d = CS^2$

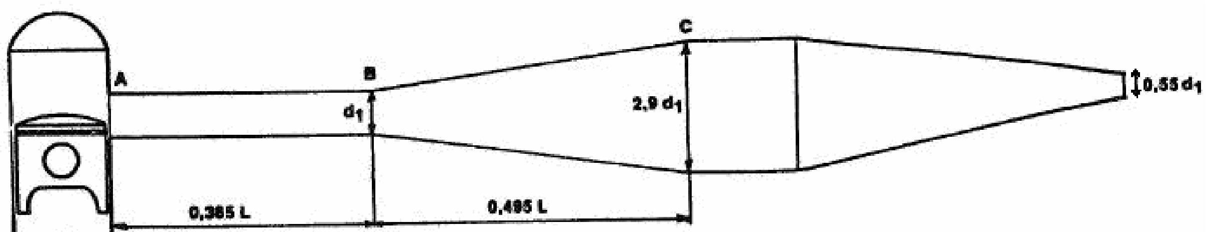
$\wedge d =$ diameter toename
C= constante
S= afstand tot waar men de dikte van wil weten

$$C = \frac{d_{\max} - d_1}{0{,}49 \cdot L^2}$$

$d_{\max} =$ maximale diameter
$d_1 =$ begindiameter
L= lengte van begin tot einde midden (de lengte berekend op n max)



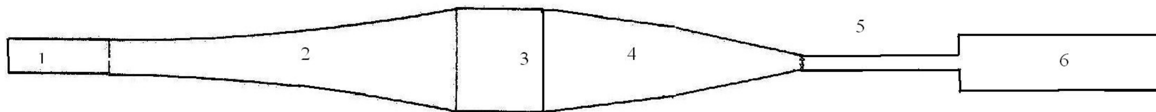
Alle verhoudingen heb ik nu in 1 tekening gezet. Dit is een gemakkelijke handleiding voor mensen die ook zelf een uitlaat wil maken.



5 Maak uitlaat

5.1 Ontwerp en voorbereiding

De bedoeling is nog altijd dat ik een complete uitlaat heb, en deze bestaat uit 6 delen.



5.1.1 Beginbuis



Berekend was een buis van ongeveer 300mm lang en diameter 19mm. Hiervoor heb ik het eerste deel van de standaard uitlaat gebruikt. Dit was 20mm dik en ongeveer 28cm lang. Het materiaal is gewoon staal van een behoorlijke dikte.

5.1.2 Eerste conus



Dit is de eerste conus, met begin diameter 20mm en eind diameter 55mm.
Het materiaal voor dit stuk is inox, afkomstig van uitlaatbuizen van grote fabriekskachels. Deze buis heb ik opengesneden zodat ik de uit te knippen tekening er op kon tekenen
Met het tekenprogramma van ons school heb ik de ontvouwingen van deze conus getekend.

Eerst heb ik getekend op overschotten van behangpapier en uitgeknipt.
Daarna de schets overgetekend op de inox plaat.
Met een plaatschaar heb ik deze vorm uitgeknipt, zo kon ik beginnen aan het plooien en rollen van de conus.
Na wat proberen is het uiteindelijk gelukt en heb ik deze vorm tijdelijk vast gezet met spanbanden.



5.1.3 Middenstuk

Voor dit rechte stuk had ik een buis van 110mm lengte met een diameter van 55mm nodig.
Ik had hier en daar gedurende het jaar wat ijzeren buizen en platen gesprokkeld. En daartussen zat een smeerpomp. Deze stalen buis was lang genoegd en diameter 53mm.
Deze heb ik geslepen op 110mm, en zo kon ik die ook gebruiken voor mijn uitlaat.



5.1.4 Eindconus

de tweede conus van de uitlaat heb ik op de zelfde manier van de eerste gemaakt. Zie 4.1.2.



5.1.5 Tail pijp



Bij dit eindstuk, ook de tailpijp genoemd, stond ik voor een probleem.
Als ik een recht stuk nam, kwam de totale uitlaat een stuk achter mijn brommer uit. Dit zou ten eerste geen zicht zijn en ten tweede niet veilig.
Daarom heb ik in mijn garage (het tuinhuis waar mijn rommel staat) een andere uitlaat gezocht die ik kon gebruiken.
Deze Gianelli pro 5 gemaakt voor Honda Walleroo brommers, heeft een ideale tail pijp. Door deze bocht komt de demper niet te ver achter de brommer.



Dit achterste stuk heb ik van de uitlaat geslepen en bij de rest gelegd.
De diameter is 20 mm, dat is wel iets te veel maar de grootste verschillen qua PK’s heeft toch te maken met het eerste deel van de uitlaat.

5.1.6 Demper



Bij de tailpijp uit vorig deel zat er ook een demper. Dat kwam goed van pas want nu heb ik alle nodige delen.
Deze demper heeft niet dezelfde mate als de berekende waarden maar op dit niveau van ‘tuning’ zal dit er niet veel aan doen.